

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-61815

⑮ Int. Cl.<sup>4</sup>F 23 N 5/00  
F 23 C 11/00

識別記号

1 1 3

庁内整理番号

J-8514-3K  
Z-2124-3K

⑬ 公開 昭和63年(1988)3月18日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全10頁)

⑭ 発明の名称 ボイラ自動制御装置

⑯ 特 願 昭61-203717

⑰ 出 願 昭61(1986)9月1日

⑱ 発 明 者 田 中 三 雄 茨城県日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内

⑲ 発 明 者 菅 野 彰 茨城県日立市大みか町5丁目2番1号 株式会社日立製作所大みか工場内

⑲ 発 明 者 江 刺 厚 茨城県日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 出 願 人 日立エンジニアリング株式会社 茨城県日立市幸町3丁目2番1号

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外2名  
最終頁に続く

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

ボイラ自動制御装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 火力発電所のボイラで、NO<sub>x</sub>低減を目的として、ボイラの各段にウインドボックス(以下W/Bと略す)入口ダンパと、上段バーナ燃料流調弁及び下段バーナ燃料流調弁とを有する炉内脱硝ボイラにおいて、NO<sub>x</sub>分析計からのNO<sub>x</sub>値をフィードバックして各段W/B入口ダンパを調整し、安定したNO<sub>x</sub>制御を可能としたことを特徴とするボイラ自動制御装置。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、火力発電所のボイラ自動制御装置に係り、特に各段W/B入口ダンパを有すボイラにおいて、ボイラ状態変化や燃料の成分の違いによるNO<sub>x</sub>変動を抑制するのに好適なNO<sub>x</sub>制御方式に関する。

〔従来の技術〕

ボイラのNO<sub>x</sub>制御法については、「火力原子力発電」、1977年3月号82～88頁の1.3排煙脱硝に示されているように、燃焼用空気に燃焼非ガスの一部を混入することで燃焼空気中のO<sub>2</sub>濃度を低減させ、緩やかな燃焼により、燃焼温度を低下させてNO<sub>x</sub>の低減を図る(排ガス再循環方式)、あるいは炉外に導いた排ガスを吸収液に直接接触させ、排ガス中のNO<sub>x</sub>を液側へ吸収することによつて、排ガスを清浄化する(外部脱硝)などの方法が採られていた。

さらに、最近では、ボイラ各段にW/B入口ダンパを設け、空燃比を一定にすることでNO<sub>x</sub>の低減を図る方式のボイラも開発されつつある。

しかし、NO<sub>x</sub>分析計からのNO<sub>x</sub>値信号のフィードバックや、燃料の成分、例えば混焼比や燃料の種類などによる各段W/B入口ダンパの開度制御の点については配慮されていなかった。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記従来技術は各段W/Bダンパの開度制御による空燃比制御の点について配慮がされておらず、

空燃比一定のもとではNO<sub>x</sub> 値がある値(約60 PPM)以下にならないという問題があった。

本発明の目的は各段W/B入口ダンパの開度を制御し、ボイラの状態変化や燃料の成分の違いに応じて空燃比を調整し、安定した低NO<sub>x</sub> 運転を可能とすることにある。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、NO<sub>x</sub> 分析計からのNO<sub>x</sub> 値信号を、W/B入口ダンパ制御回路にフィードバックしてダンパ開度を制御すること、さらには燃料の成分の違いに応じて空燃比マスタに補正を加えることにより、達成される。

〔作用〕

NO<sub>x</sub> 分析計からのNO<sub>x</sub> 値信号は、W/B入口ダンパ制御回路にフィードバックされ、予めプログラムされているダンパ開度関数との偏差が演算される。また、燃料の成分の違い、例えば湿燃比は空燃比マスタ回路の補正信号として動作する。それらによつて、W/B入口ダンパの開度は調整・補正され、低NO<sub>x</sub> 運転に最適な空燃比が得ら

れる。節炭器(以下ECOと略す)615を通り、1部は再循環ガスとしてガス再循環ファン(以下GRFと略す)15とGRF入口ダンパ16により再循環ガス流量を調整して火炉内に注入させることにより、WW616、ドラム617、1SH619、2SH621、RH624、EC615での伝熱量調整に使用し、残りは外部脱硝装置18を通り、この装置内で排ガス中のNO<sub>x</sub> 分をアンモニア水と反応させ、NO<sub>x</sub> 規制値内になったガスを煙突より排出させる。

また、水蒸気系について説明すると、タービン605からの排気を冷却して復水とし、ボイラ給水用として使用出来るようにする復水器607と、この水を加圧してボイラへ送るBFP610とを通つた水はWW616にて過熱されて蒸気となる。この蒸気は、ドラム617にて飽和蒸気と飽和水に分離され、1SH619で過熱され、給水の1部をスプレー弁625を介して減温器620に注水した後、2SH621にて過熱蒸気となり高圧タービン606へ送られる。次に高圧タービン606で仕事を終え

れる。

〔実施例〕

以下、本発明の一実施例を図面を参照して詳細に説明する。

第6図において、火力発電プラントの概要を説明する。火力発電プラントは、ボイラ本体2、高圧タービン606、中圧タービン605、発電機604により構成され、ボイラ自動制御装置602は、負荷(タービン・発電機)からの要求、つまり、タービン制御装置603が、ガバナ623の開度調整を行ない、この開度により決定される定格圧力、温度の主蒸気を供給すべく、燃料流調整弁10により燃料量を、BFP610により給水流量を、FDF入口ダンパ4により空気量をそれぞれ制御する。

次に燃焼ガスの流れについて説明すると、火炉にて燃焼したガスは、まず火炉壁(以下WWと略す)616、ドラム617、1次過熱器(以下1SHと略す)619、2次過熱器(以下2SHと略す)621、再熱器(以下RHと略す)624、

た蒸気は、RH624にて再熱され中圧タービン605へ送られる。中圧タービン605で仕事を終えた蒸気は、復水器607へ送られ再度ボイラ給水用として使用される。

さらに、NO<sub>x</sub> 低減を目的として、ボイラ各段に空気量調整ダンパを設置し、各段の空燃比調整又は空気量調整を行なっている。すなわち、ボイラ最上段の空気量を調整するアフターエアポート(以下AAPと略す)入口ダンパ5と、上段バーナ11に流れる燃料量に対して適切な空気量を調整する上段W/B入口ダンパ6、同様に下段バーナ13に流れる燃料量に対して適切な空気量を調整する下段W/B入口ダンパ7がある。

その他の装置として、中央操作盤601、押込通風機3、アンモニア流量調整弁22がある。

第7図に、従来の各段W/Bの空燃比を調整する炉内脱硝ボイラにおけるNO<sub>x</sub> の制御性を示すため、負荷変動及び炉熱脱硝の比率を変えるNO<sub>x</sub> マスタ信号を変えた場合の主なプロセス量の挙動を示す。第7図より明らかなように、負荷変化

中及びNO<sub>x</sub> マスター信号変化中においては、どうしても各段W/Bの空燃比が、ボイラパフォーマンス値よりずれ、空気が多く注入されるためにNO<sub>x</sub> 値が規定値をオーバーしてしまうことが判かる。

同様に、第8図には、各段のW/B空気を調整することにより、多様な燃料を使用した場合に発生する燃焼ガス温度の違いによる蒸気温度の変動を抑制した多種燃料使用型ボイラにおいて、負荷変動させた場合の主なプロセス量の挙動を示す。第8図においても第7図と同様、負荷変化中において、空気が多く注入されるためにNO<sub>x</sub> 値が規定値をオーバーしてしまうことが判かる。

ここで、NO<sub>x</sub> 生成の原理について説明すると、NO<sub>x</sub> の発生原因は大別して熱要因窒素酸化物（以下サーマルNO<sub>x</sub> と呼ぶ）と燃料中窒素酸化物（以下フューエルNO<sub>x</sub> と呼ぶ）の2つがある。フューエルNO<sub>x</sub> については、N<sub>2</sub> 含有量の少ない燃料を選ぶことが第1の解決策であり、ボイラ制御方式によるNO<sub>x</sub> 低減には界限があり、外部

ii) 燃焼ガス的高温域滞留時間を短くする。  
iii) 低O<sub>2</sub> 運転を行なう。  
などの方法がある。

上記のi)～iii)を具体的な制御法として実現しているものに、2段燃焼法、排ガス混合法、1次ガス注入法、低NO<sub>x</sub> バーナチップの採用、さらに外部脱硝装置によるNO<sub>x</sub> の除去法などがある。

ところが、近年の公害規制の強化により従来の燃焼を調整するNO<sub>x</sub> 低減法では対応出来なくなつて来ており、必然的にコスト高となる外部脱硝に頼らざるを得なくなつてきている。そこで、ボイラの各段にW/Bダンパを設け、各段のW/Bの空燃比や空気をそれぞれ調整出来るようにした炉内脱硝ボイラや多種燃料使用型ボイラが造られ、従来のNO<sub>x</sub> 低減法に比べて、NO<sub>x</sub> 低減効果が大きくなつた。

第9図に、炉内脱硝ボイラにおけるNO<sub>x</sub> 低減効果について示す。すなわち、下段バーナでは、低O<sub>2</sub> 燃焼を行なうべく上段空燃比αを制御し、

脱硝装置により排ガス中のNO<sub>x</sub> 分を除去する方法が一般に用いられている。一方、サーマルNO<sub>x</sub> の発生については、燃焼条件を制御することにより、NO<sub>x</sub>を抑えることが出来る。サーマルNO<sub>x</sub> 発生濃度を物理式で示すと以下のようなになる。

$$\begin{aligned} \text{発生濃度}[\text{NO}] &= \int_0^{t_e} A_e e^{-E/RT} [\text{N}_2][\text{O}_2]^{\frac{1}{2}} dt_e \\ &= A_e e^{-E/RT} [\text{N}_2][\text{O}_2]^{\frac{1}{2}} t_e \cdots (1) \end{aligned}$$

[ ] ; 濃度

E ; 見かけの活性化エネルギー

(kcal/kgmol)

R ; ガス定数 (1.99kcal/kgmol/°K)

T ; 火炎温度 (°K)

t<sub>e</sub> ; 高温燃焼域でのガスの滞留時間 (S)

(1) 式よりサーマルNO<sub>x</sub> の生成は、燃焼温度が高く、燃焼域でのO<sub>2</sub> 濃度が高く、又高温域での燃焼ガスの滞留時間が長いほど多くなることが判かる。よつてサーマルNO<sub>x</sub> を抑制するには、

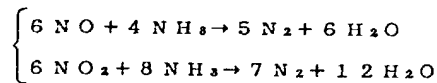
i) 燃焼速度を抑えて燃焼最高温度を低下させる。

火炎温度と酸素濃度を低く押えNO<sub>x</sub> 発生の低減を図っている。次に上段バーナでは、炉内でNO<sub>x</sub> を気相還元させるために含窒素ラジカル(CN, NH)を生成すべく、空燃比βを制御する。空燃比α, βの関係は、ボイラパフォーマンスにより決定される値であり、気相還元による炉内脱硝を行なうために制御しなければならない値である。さらに、アフターエアポート部では、ボイラ全体から見た空燃比を調整すべく、上段、下段で絞られた空気を火炉に注入させ、完全燃焼を行なわせる。なお、炉内脱硝ボイラにおいては、上段と下段の燃料調整もそれぞれ行なえるようになっており、上段と下段の空燃比の調整について、空気量配分だけでなく、燃料量の配分もからも行える。

第10図に、多燃料使用型ボイラにおけるNO<sub>x</sub> 低減効果について示す。このNO<sub>x</sub> 低減効果は、従来技術の2段燃焼法の考えを拡張し、上段バーナと下段バーナにおいて実施したものである。すなわち、下段バーナにて燃焼したガスは、高温燃焼域に滞留する時間が長いため、NO<sub>x</sub> の生成が

上段バーナにて燃焼したガスのNO<sub>x</sub>生成より多くなってしまう。そこで、NO<sub>x</sub>を低減させるためには、下段バーナでの燃焼を少なくすべく下段W/B空気量を少なくすれば良いことになる。なお、多燃料使用型ボイラの燃料量制御は上段と下段で変わらず、同一燃料量を流している。

さらに、外部脱硝装置について簡単に説明するが、近年の低NO<sub>x</sub>ボイラでは、まず、燃焼制御によるNO<sub>x</sub>低減を行ない、それでもNO<sub>x</sub>値が規定値以下とならなかった場合のバックアップ装置として、外部脱硝装置を考えている。NO<sub>x</sub>除去の原理を示すと、排ガスにアンモニア(NH<sub>3</sub>)水を注入して、適切な温度条件の下で触媒を用いてNO<sub>x</sub>を反応させ、無害なN<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>Oに還元分解するもので、反応式は、



となる。

また、第11図に負荷と排ガス量の特性、第12図に負荷とアンモニア水流量及びNO<sub>x</sub>値の

関係を示す。この図は、NO<sub>x</sub>値を一定値に制御するには、排ガス量に見合ったアンモニア水を注入する必要があることを示している。

本発明によれば、ボイラ各段にW/Bダンパを持つボイラにおいて、ボイラの状態変化によりNO<sub>x</sub>値が規制値をオーバーした場合に、NO<sub>x</sub>分析計からのNO<sub>x</sub>値をフィードバックし、この信号により各段W/Bダンパを調整し、NO<sub>x</sub>値を規定値に抑えることが出来る。

第1図に、炉内脱硝ボイラに本発明を適用した制御回路を示す。なお、本図は上段W/Bダンパ調整による上段W/Bの空燃比制御回路を示しており、下段W/Bの空燃比制御も同等の回路構成となるが、本図からは除いている。

まず、1は制御装置の範囲を示す。NO<sub>x</sub>分析計17からのNO<sub>x</sub>値信号と、ボイラパフォーマンスにより決定されるNO<sub>x</sub>マスター信号を、NO<sub>x</sub>マスター設定器101より設定し、アナログ変換モジュール102にてアナログ信号とし、このNO<sub>x</sub>マスター信号をベースとして関数発生

器103によりNO<sub>x</sub>値信号を作成し、加算器106にて、ボイラパフォーマンスのNO<sub>x</sub>値と現在のNO<sub>x</sub>値とを比較して、この加算器106の出力信号、すなわちNO<sub>x</sub>値偏差を比例積分器107にて演算し、空燃比補正信号とする。空燃比信号は、発電機出力信号19をベースとして、関数発生器104にて空燃比を算出し、NO<sub>x</sub>マスター信号により炉内脱硝の比率を掛算器105にて演算し、この空燃比信号と、NO<sub>x</sub>値偏差による空燃比補正信号を加算器108で演算し、上段燃料量信号20と掛算器109にて演算させ、上段空気量要求信号を作成する。次に、この要求信号と上段空気流量のフィードバック信号を加算器110にて演算し、この偏差信号を比例積分器111にて演算して、上段W/Bダンパ6の操作信号とする。

第2図に、多燃料使用型ボイラに本発明を適用した制御回路を示す。

1は制御装置の範囲を示す。NO<sub>x</sub>分析計17からのNO<sub>x</sub>値信号と、ボイラパフォーマンスに

より決定される発電機出力信号19をベースとして、関数発生器104により求めた信号を、加算器106にて演算し、この偏差信号を比例積分器107にて演算して、上段W/Bダンパ6と下段W/Bダンパ7へシーソーバイアス的に補正を加える。また、各段W/Bの空気量要求信号は、燃料量信号21を、発電機出力信号19をベースとした関数発生器116により空燃比信号を算出して、掛算器112により演算して作成する。この空気量要求信号と、上段空気量信号12とを加算器113にて演算して上段空気量の偏差信号を作成する。さらに、この偏差信号に、NO<sub>x</sub>値による補正信号である比例積分器107の出力信号を加算した信号を比例積分器115により演算して、上段W/Bダンパ操作信号とする。下段W/B制御についても同様にして、空気量要求信号と、下段空気量信号14とを加算器117にて演算し、さらにNO<sub>x</sub>値からの補正量を加算器118にて演算し、この偏差信号を比例積分器119にて演算して、下段W/Bダンパ操作信号とする。

第3、第4図は、別の発明であるが、燃料の成分、例えば混焼比や、燃料の種類により空燃比を補正する制御回路を設けたことに特徴がある。

第3図では、第1図で示したNO<sub>x</sub>制御に付け加えて、発電機出力信号19をベースとした燃料油の場合の空燃比作成用の関数発生器104と、燃料ガスの場合の空燃比作成用の関数発生器116の出力信号を、混焼比信号23とを掛算器120にて演算し、この信号を加算器121で演算して、混焼時の空燃比信号を作成する回路を設けている。ここで混焼比を定義すると、

$$R = \frac{GF}{GF + OF}$$

R；混焼比

GF；燃料ガス流量（%；カロリーベース）

OF；燃料油流量（%；カロリーベース）

となる。

第4図は、第2図で示したNO<sub>x</sub>制御に付け加えて、第3図で示した同一の混焼時の空燃比信号を作成する回路を設けたものである。

まず、演算ブロック51にて、NO<sub>x</sub>値が規制値を越えていないかどうかを判定する。もし、規制値を越えていれば、演算ブロック52へ進み、NO<sub>x</sub>分析計からのNO<sub>x</sub>値とボイラパフォーマンスから決まったNO<sub>x</sub>値とを比較し補正信号を作成する。同様に、燃料の成分による例えば混焼率や燃料の種類によつて、ボイラパフォーマンスから決まるNO<sub>x</sub>値と比較し補正信号を作成する。

次に、演算ブロック53へ進み炉内脱硝ボイラか、それ以外のボイラ、本発明では多燃料使用型ボイラかを判定する。もし、炉内脱硝ボイラであれば、演算ブロック54へ進み、NO<sub>x</sub>マスター信号を補正することにより、ボイラ各段の空燃比を調整する。もし、多燃料使用型ボイラであれば、演算ブロック55へ進み、ボイラ各段W/B空気量を調整するというNO<sub>x</sub>低減を図る本発明の機能フローを示している。

〔発明の効果〕

本発明によれば、火力発電所のボイラ、特に各段にW/B入口ダンパを有するボイラにおいて、

第13～第16図に、本発明の制御方式に採用した場合の主なプロセス量の挙動を示す。

第13図は、炉内脱硝ボイラにおいて、負荷変動、NO<sub>x</sub>マスター信号変動を行なった場合のプロセス量の挙動を示す。

第14図は、炉内脱硝ボイラにおいて、混焼比信号変動を行なった場合のプロセス量の挙動を示す。

第15図は、多燃料使用型ボイラにおいて、負荷変動を行なった場合のプロセス量の挙動を示す。

第16図は、多燃料使用型ボイラにおいて、混焼比信号の変動を行なった場合のプロセス量の挙動を示す。

これらの図より明らかなように、NO<sub>x</sub>分析計からのNO<sub>x</sub>値信号をフィードバックし、各段W/Bダンパを調整することにより、ボイラ状態の変化に対しても、常に安定したNO<sub>x</sub>制御が可能となることが判かる。

第5図に、本発明の機能フローを示す。

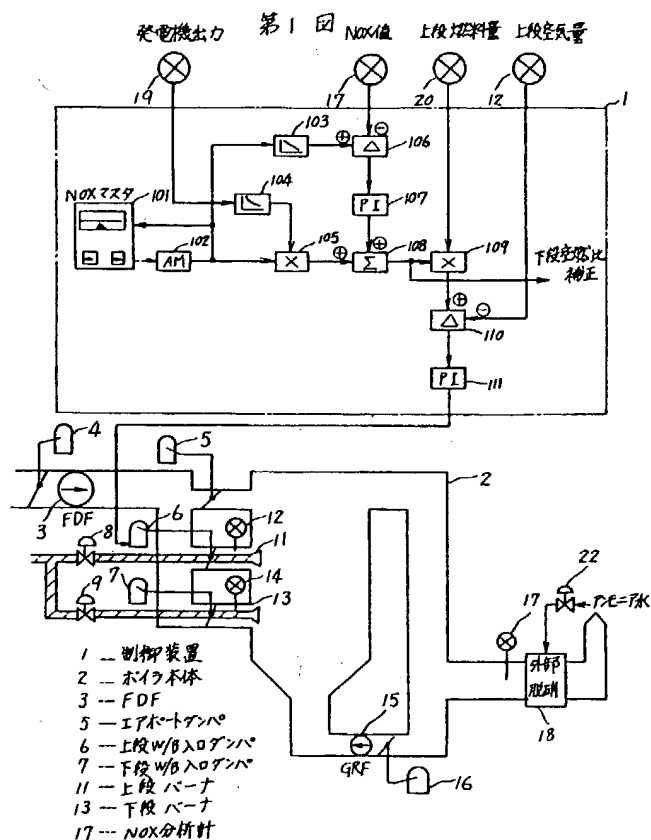
ボイラの状態変化や混焼比の変化の際にも速やかにW/B入口ダンパ開度を制御し、低NO<sub>x</sub>運転のために最適な空燃比が得られるので、従来技術との大気濃度比較において約1/2以下という低NO<sub>x</sub>運転の実現と、ボイラ制御装置の制御性向上とに多大の効果がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

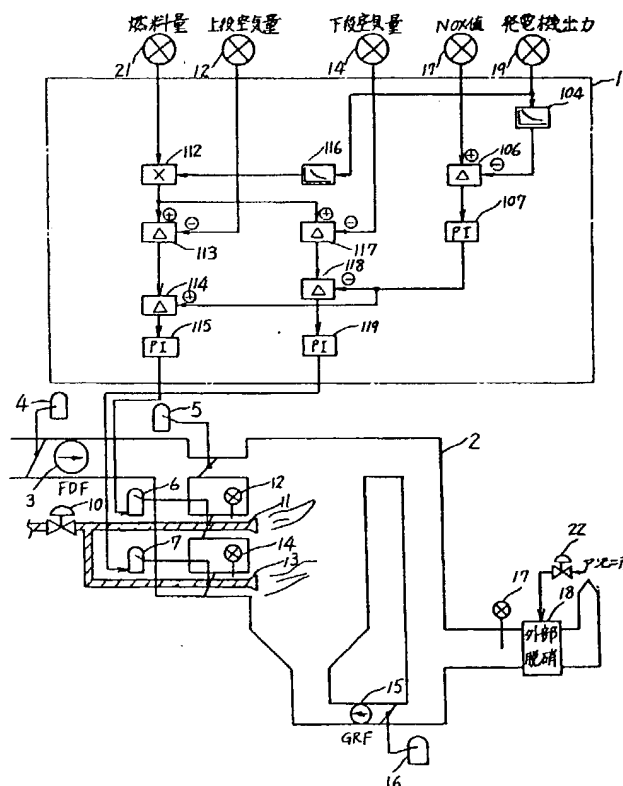
第1図～第4図は本発明の実施例の制御系統図、第5図は第1図～第4図の説明での本発明の機能説明フロー図、第6図は各段W/B入口ダンパを有する代表的ボイラの本体系統図及び主要制御装置構成図、第7図、第8図は従来型制御法による負荷変動時の場合の主なプロセス挙動を示す説明図、第9図は炉内脱硝型ボイラの脱硝原理を示す説明図、第10図は多燃料種燃焼型ボイラにおけるNO<sub>x</sub>生成度合の説明図、第11図は負荷－排ガステ性図、第12図は負荷－アンモニア特性及び負荷－NO<sub>x</sub>値特性図、第13図～第16図は本発明の実施例による負荷変動時の場合の主なプロセス挙動を示す説明図である。

601…ボイラ自動制御装置、3…FDF（押込通風機）、6…上段W/B入口ダンパ、7…下段W/B入口ダンパ、12…上段W/B空気流量発信器、14…下段W/B空気流量発信器、17…NOx分析計。

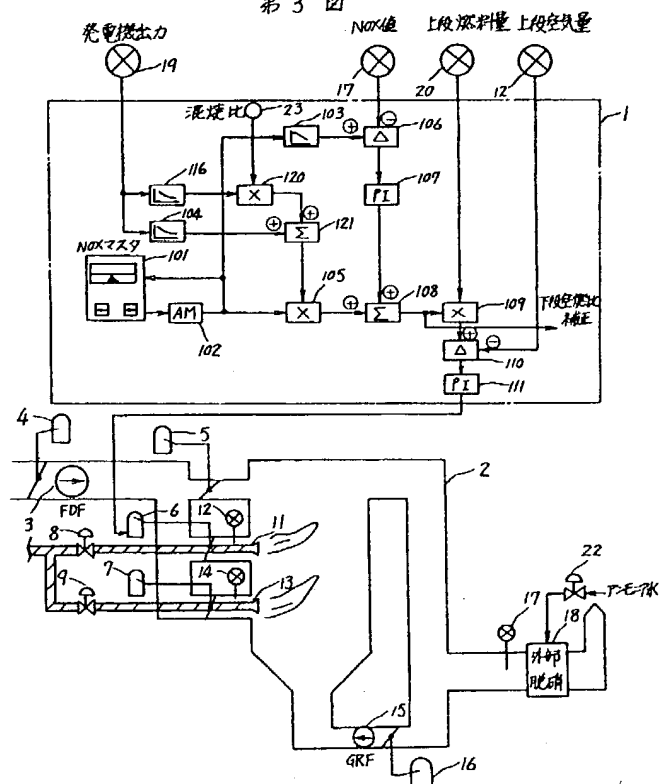
代理人 弁理士 小川勝男



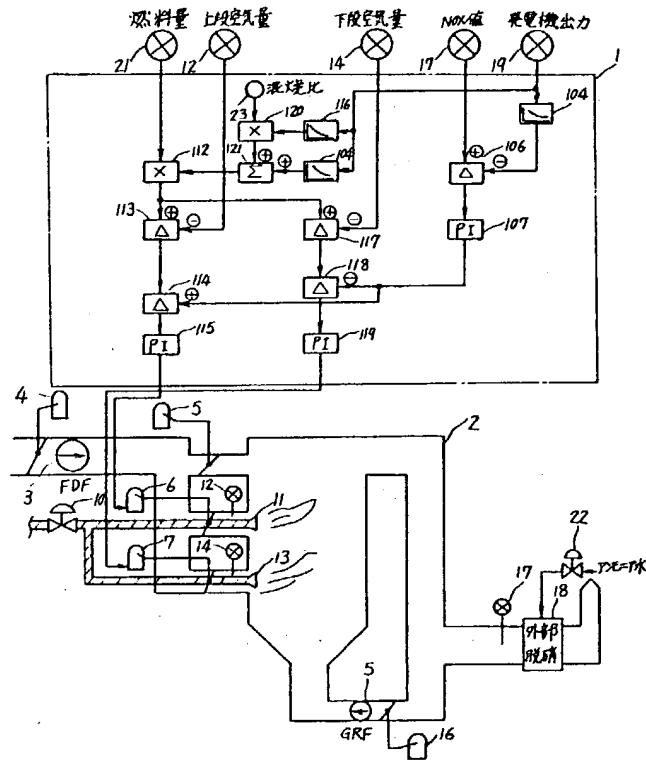
第 2 团



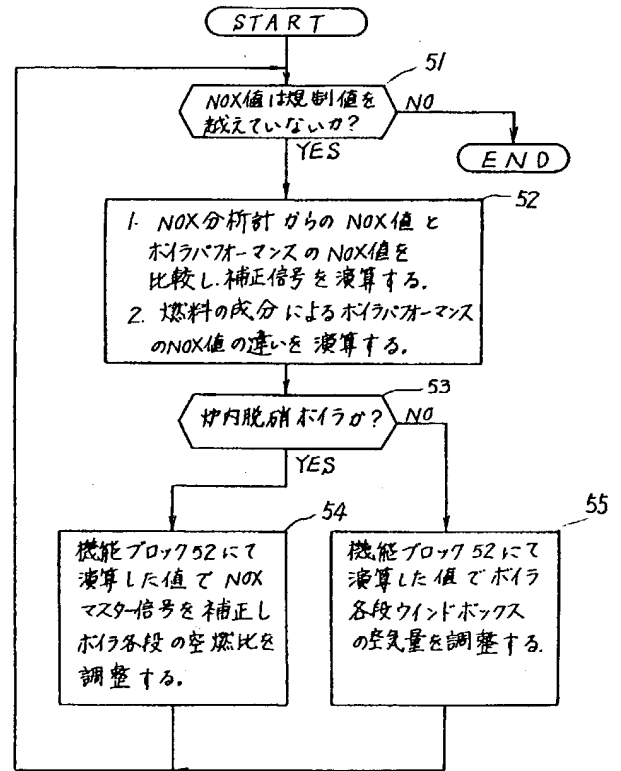
第 3 圖



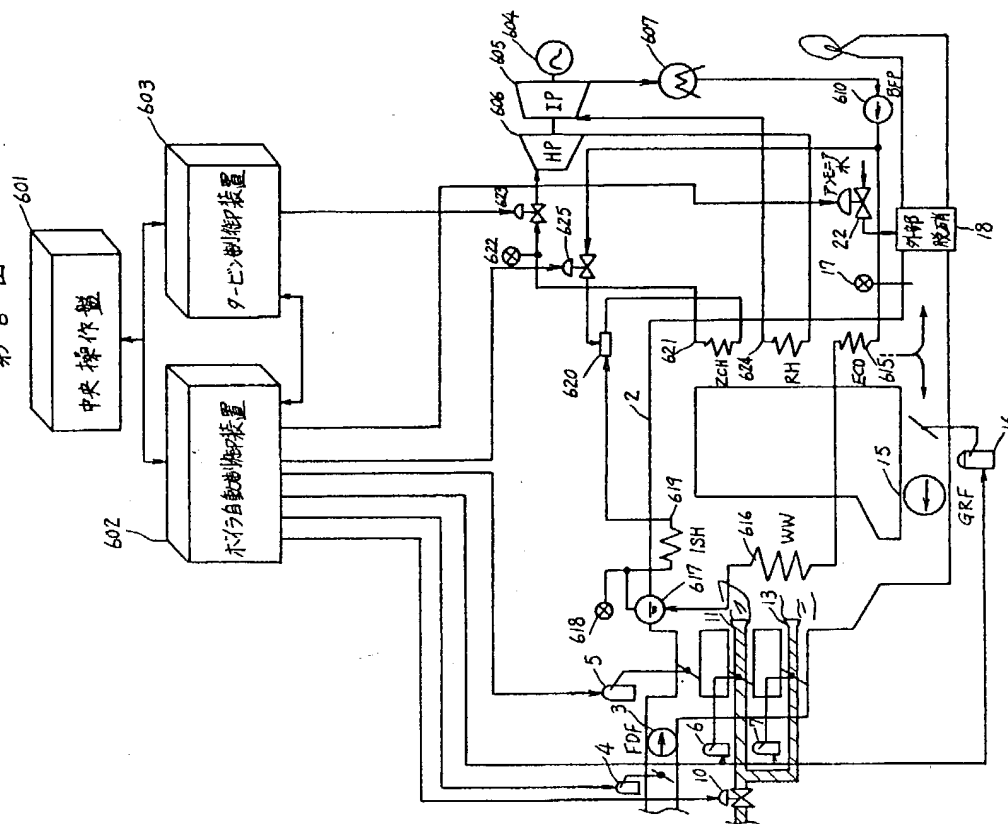
第4図



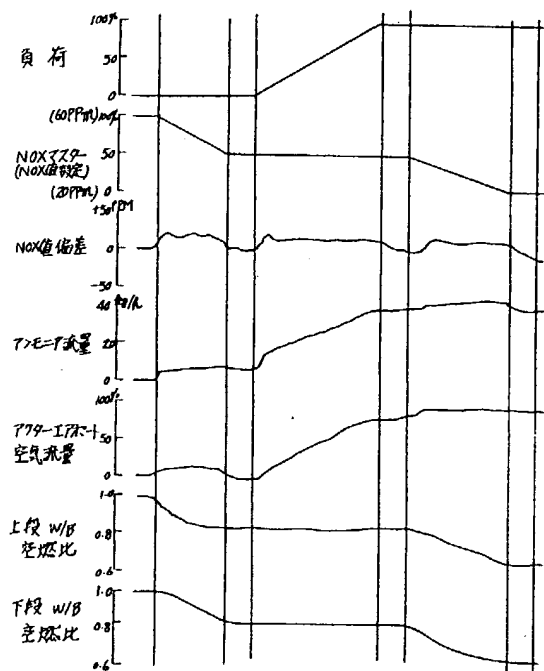
第5図



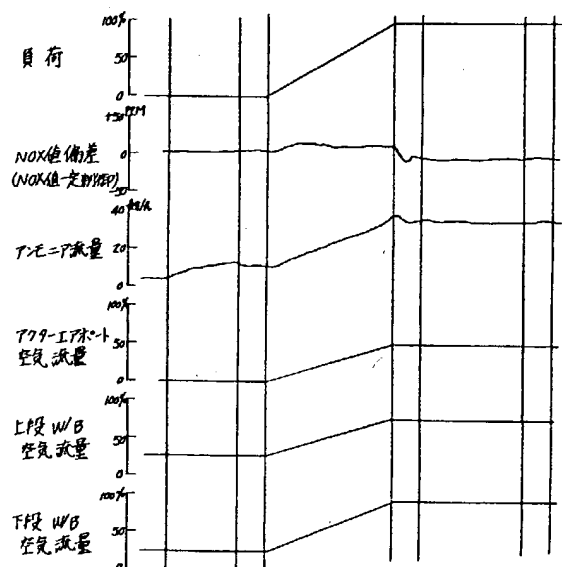
第6図



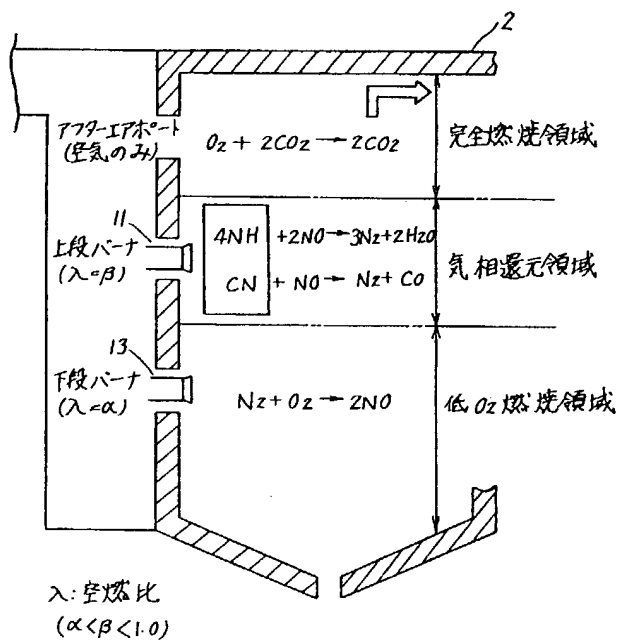
第7図



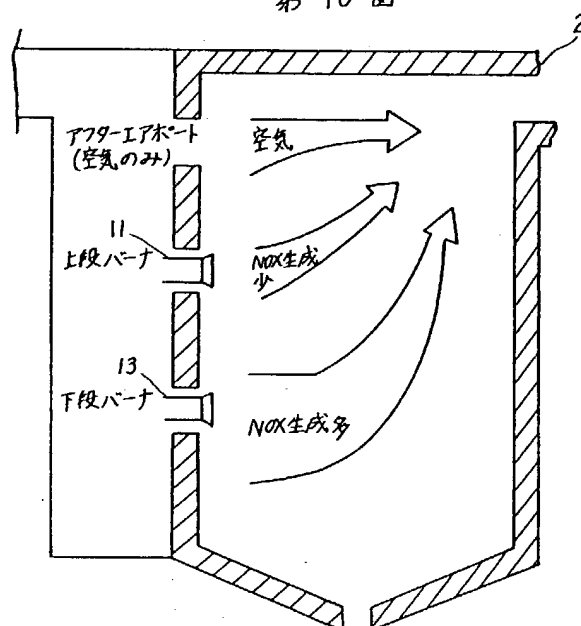
第8図



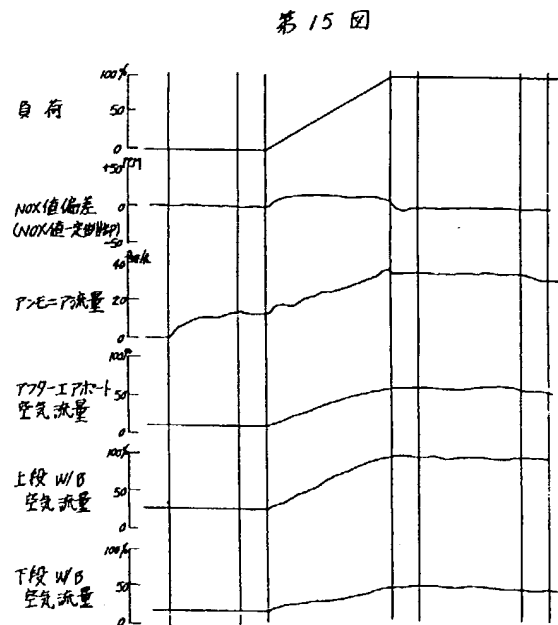
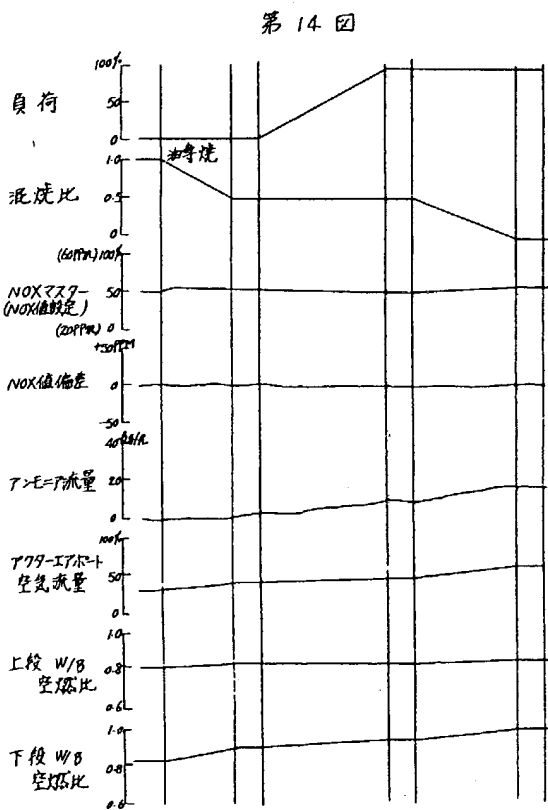
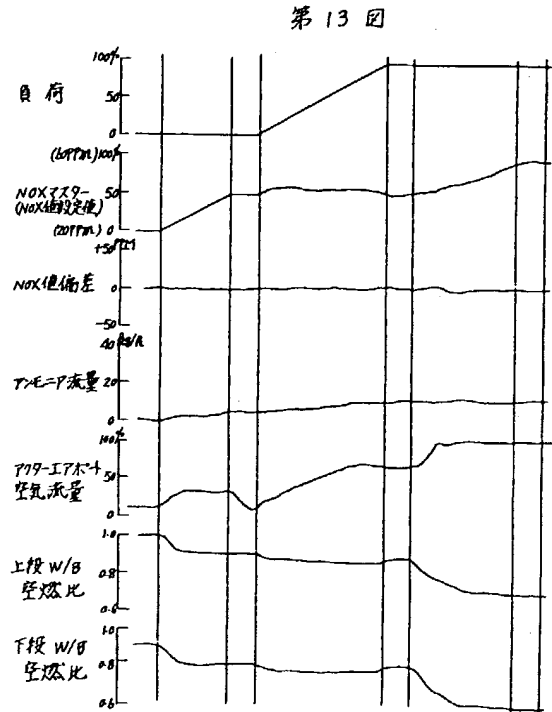
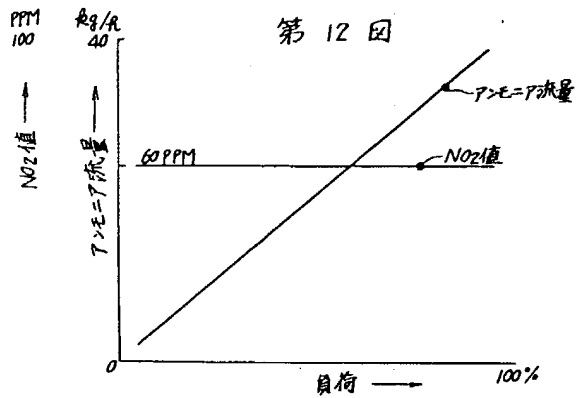
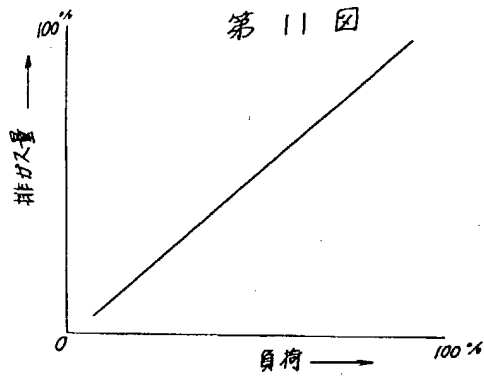
第9図



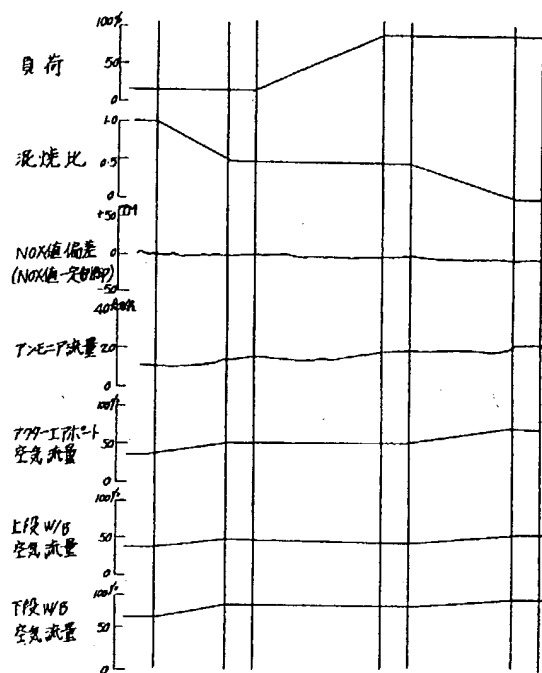
第10図







第16図



第1頁の続き

②発明者 佐藤 喜代一 茨城県日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内  
 ②発明者 菊池 信也 茨城県日立市幸町3丁目2番1号 日立エンジニアリング株式会社内

US-CL-CURRENT: 431/76

ABSTRACT:

PURPOSE: To perform the operation with a stable low NOX emission by controlling the damper opening by feeding back the NOX level signal from an NOX analyzer to a W/B inlet damper control circuit, and adding a correction to the air/fuel ratio master, depending upon the variation in fuel constituents.

CONSTITUTION: A determination is made as to whether or not the NOX level is exceeding the regulatory standard, and if over the standard, a correction signal is prepared by comparing the NOX level from an NOX analyzer with the NOX level determined by the boiler performance. Likewise, depending upon the mixed burning factor determined by the constituents of fuel and the kind of fuel, a correction signal is prepared by comparing with the NOX level determined from the boiler performance. Next, a determination is made as to whether the boiler is an in-furnace denitration boiler or a multi-fuel burning boiler, and if it is an in-furnace denitration boiler, the air/fuel ratio for respective

boiler

stages is adjusted by corrective the NOX master signal. If it is a multi-fuel

burning boiler, the W/B air quantity for respective boiler stages is adjusted.

In this manner, the opening of the W/B inlet damper is adjusted and corrected

to provide the optimum air/fuel ratio for a low NOX operation.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio